Journal of Agricultural Machinery

Homepage: https://jame.um.ac.ir

Research Article
Vol. 13, No. 3, 2023, p. 349-363

Assessment of Sieve Slope, Sieve Range and Fan Suction on Cleaning Efficiency and Loss Rate of Peanut Thresher

J. Abdi[1], A. Golmohammadi[2*], Gh. Shahgholi[2], A. Rezvanivand fanaei[3]

1- Ph.D. Candidate of Biosystem Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Professor of Biosystem Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3- Assistant Professor of Biosystem Engineering, Urmia University, Urmia, Iran
(*- Corresponding Authors Email: Golmohammadi@uma.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jam.2022.75747.1097

Received: 12 March 2022
Revised: 17 April 2022
Accepted: 19 April 2022
Available Online: 19 April 2022

How to cite this article:
Abdi, J., Golmohammadi, A., Shahgholi, Gh., & Rezvanivand fanaei, A. (2023). Assessment of Sieve Slope, Sieve Range and Fan Suction on Cleaning Efficiency and Loss Rate of Peanut Threshe. *Journal of Agricultural Machinery*, *13*(3), 349-363. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jam.2022.75747.1097

Introduction

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) is an annual plant of the legume genus that is cultivated in 109 countries due to its high-quality oil and seed protein. In Iran, this crop is cultivated on an area of 3000 hectares, with an average yield of 4 tons per hectare. Threshing performance significantly affects seed loss and physical damage, including cracking and crushing of seeds during harvest. Therefore, over the last century, extensive research has been conducted on different types of threshing methods, as well as the design and development of various threshing machines.

Research on seed crops such as cereals and seeds suggest that factors such as the rotational speed of the thresher, threshing-concave distance, feeding rate, and shape of threshing teeth play a crucial role in determining the threshing efficiency and quality of the threshed seeds. Although limited research has been conducted on peanut threshing, there are currently no combine-machines available for this crop on global markets. Therefore, this study aims to investigate several working parameters of an experimental peanut thresher, including the effect of sieve angle, sieve range of movement, and suction speed on the separation unit.

Materials and Methods

The relevant experiments were conducted in the Parsabad Moghan region of Ardabil province (latitude 39.65 North, longitude 47.91 East). To conduct the experiments and separate the seeds from the pods, we used a peanut threshing machine cultivar Nc2, which is commonly cultivated under agricultural conditions in Ardabil and Gilan Agricultural Research Centers.

To achieve the aims of this research, we investigated several effective parameters in the performance of the machine, including sieve angle, sieve movement range, and fan suction speed, to obtain the best settings for maximum threshing performance and separation efficiency. It is worth noting that the average seed weight per kilogram of peanut plant was between 300-400 grams, and the moisture content of the seeds in the tested cultivar was 45%. Before using the machine, workers must first dig up the plants and place them on the ground in a coupe, after which another worker must feed the plants into the machine through the feeder.

Results and Discussion

The study found that changes in sieve angle, sieve movement range, and suction speed significantly affect the separation efficiency and peanut loss rate at a 1% significance level. Increasing the sieving angle leads to a higher speed of material movement on the sieve, which results in insufficient time for separating straw from the seed. Similarly, increasing the sieve movement range causes a rapid decrease in cleaning efficiency. To achieve better straw-seed separation, it is necessary to apply impact shocks to the products located on the sieve within a short period. However, as the range of movement increases, the time interval between impact shocks also increases, which disrupts the straw's separation from the seed.

The study found that increasing the sieve range and suction speed leads to a higher rate of peanut loss. This is due to the fact that when the suction speed and sieve movement range are increased, the product spends less time on the sieve, which results in insufficient time for proper separation. Additionally, high speed may exceed the limit of peanut seed and cause it to move out of the machine with the straw. Increasing the sieve movement range leads to a more uniform movement of straw and seed on the sieve; however, achieving better separation of straw from the sieve requires dynamic shocks and sudden acceleration, which decreases as the sieve movement range increases. The optimal farm capacity and material capacity were achieved with a 5-degree slope at 0.55 hectares per hour and 509 kilograms per hectare, respectively, using a sieve range of 3.5 centimeters and a fan suction speed of 8 meters per second.

Conclusion

The study concluded that the sieve movement range has the most significant impact on cleaning efficiency, while the sieve angle has the least effect. Similarly, the sieve movement range has the most significant influence on the rate of peanut loss, while the sieve angle has the least effect.

Keywords: Cleaning efficiency, Peanut, Sieve, Suction velocity

نشریه ماشین‌های کشاورزی
https://jame.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱٤۰۲، ص ۳٦۳-۳٤۹

بررسی شیب الک، دامنه حرکت الک و مکش فن بر روی بازده تمیزکردن و نرخ از دست دادن دستگاه خرمن‌کوب بادام‌زمینی

جعفر عبدی[۱]، عبدالله گل محمدی[۲*]، غلامحسین شاهقلی[۲]، عادل رضوانی وند فنائی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۳۰

چکیده

بادام‌زمینی با توجه به کیفیت بالای روغن استخراجی و پروتئین بالای دانه یکی از گیاهان با اهمیت تیره بقولات می‌باشد. در پژوهش حاضر، تاثیر تعدادی از پارامترهای کاری یک خرمن‌کوب بادام‌زمینی شامل زاویه (شیب) الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش فن مکنده برای واحد جداسازی به‌صورت تجربی مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. زاویه یا شیب الک شامل سه زاویه ۵، ۱۰ و ۱۵ درجه، دامنه حرکت الک شامل سه فاصله ۳/۵، ۵ و ۷ سانتی‌متر و همچنین سرعت مکش فن شامل سه سرعت ۸، ۱۲ و ۱۶ متر بر ثانیه بودند. به‌منظور تجزیه و تحلیل اثرهای اصلی و اثرهای متقابل عامل‌های مستقل، از طرح آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده گردید. همچنین تاثیر فاکتورهای آزمایشی بر ظرفیت مزرعه‌ای و ظرفیت ماده‌ای مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج، تأثیر زاویه الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش بر بازده تمیزکردن و نرخ از دست دادن بادام‌زمینی در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش دامنه حرکت الک و سرعت مکش، نرخ از دست دادن بادام‌زمینی افزایش یافت. همچنین افزایش فاکتورهای آزمایش، تاثیر منفی بر روی ظرفیت مزرعه‌ای و ظرفیت ماده‌ای نشان داد. بیشترین ظرفیت مزرعه‌ای و ظرفیت ماده‌ای به‌ترتیب با ۰/۱۰۵ هکتار در ساعت و ۵۰۹ کیلوگرم بر ساعت به شیب ۵ درجه تعلق داشت که در دامنه حرکتی ۳/۵ سانتی‌متر و سرعت مکش فن ۸ متر بر ثانیه به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: الک، بادام‌زمینی، بازده تمیز کردن، سرعت مکش

مقدمه

بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گیاهی یک‌ساله از تیره بقولات است که به دلیل کیفیت بالای روغن و پروتئین دانه در ۱۰۹ کشور جهان کشت می‌گردد. سطح زیر کشت این محصول در کشور ایران ۲۸۸۷ هکتار بوده و مقدار تولید آن ۱۰۸۳۰/۲ تن می‌باشد (Agricultural Jihad Statistics, 2020). بادام‌زمینی مخصوص مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری بوده و بذر این گیاه ارزشمند ۴۴ تا ۵۶٪ روغن دارد و پس از سویا و کلزا، سومین گیاه دانه روغنی یک‌ساله جهان به‌شمار می‌آید (Dobreva *et al.*, 2021). غلاف‌های بادام‌زمینی حاوی بذر و پوسته، در زمین رشد می‌کنند، در حالی‌که گلدهی و لقاح در بالای زمین اتفاق می‌افتد. بر این اساس، هنگام برداشت این محصول قسمت خوراکی آن آغشته به خاک بوده و جداسازی بهینه خاک از غلاف و سپس خارج‌سازی بذر از داخل غلاف آن به‌منظور حفظ عملکرد آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Anco *et al.*, 2020). صدمات فیزیکی دانه شامل ترک برداشتن و همچنین خرد شدن آن در زمان برداشت و همچنین از دست دادن دانه، به‌صورت قابل‌توجهی تحت تأثیر عملکرد خرمن‌کوبی قرار می‌گیرد. بر این اساس در طول قرن گذشته تحقیقات بسیاری در مورد انواع روش‌های خرمن‌کوبی و طراحی و توسعه خرمن‌کوب‌های مختلف انجام شده است (Fu, Chen, Han, & Ren, 2018).

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Golmohammadi@uma.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jam.2022.75747.1097

به دلیل این‌که کاهش دانه‌های آسیب‌دیده و بالا بردن عملکرد دستگاه خرمن‌کوب نقش مهمی در توسعه پایدار آن دارد، لذا تحقیقات در این زمینه همچنان ادامه دارد. براساس مطالعات انجام شده، از دست دادن دانه مهم‌ترین پارامتر در ارزیابی فرآیند خرمن‌کوبی می‌باشد (Karlen *et al.*, 2014). از دست دادن دانه بیشتر به دلیل عوامل طبیعی، عملیات درو (برداشت)، جمع‌آوری، کوبیدن و جداسازی اتفاق می‌افتد (Abdi & Jalali, 2013). با در نظر گرفتن این‌که کنترل عوامل طبیعی تا حد زیادی از کنترل انسان خارج است، بر این اساس کاهش تلفات مکانیکی در فرآیند خرمن‌کوبی یکی از راه‌های مناسب به‌منظور افزایش عملکرد برداشت دانه در خرمن‌کوب بادام‌زمینی است (Pishgar-Komleh, Keyhani, Mostofi-Sarkari, & Jafari, 2013). آسیب مکانیکی دانه به‌طور معمول به دلایل مختلفی همچون برخورد دانه با سطح صلب واحد خرمن‌کوب، فاصله کم بین کوبنده و ضدکوبنده، نرخ تغذیه محصول و سرعت نامناسب کوبنده ایجاد می گردد (Ali, Zong, Md-Tahir, Ma, & Yang, 2021). نکته حائز اهمیت دیگر این است که فرآیند خرمن‌کوبی در محصول بادام‌زمینی تا حد زیادی به‌صورت سنتی و دستی انجام می‌گیرد. مطابق با پژوهش‌های صورت‌گرفته در محصولات دانه‌ای مانند غلات و حبوبات، عوامل سرعت دورانی کوبنده، فاصله کوبنده و ضدکوبنده، نرخ تغذیه و شکل دندانه‌های کوبنده مهم‌ترین عوامل در عملکرد خرمن‌کوب و کیفیت دانه‌های کوبیده می‌باشند (Reddy, Kumar, Reddy, & Reddy, 2013). در ادامه این بخش به چند مورد از کارهای انجام شده در این حوزه پرداخته شده است.

هوین و همکاران (Huynh, Powell, & Siddal, 1981) گزارش کردند که جدا شدن دانه از ساقه و عبور دانه از دریچه‌های ضدکوبنده تابع متغیرهایی مانند نرخ تغذیه، سرعت کوبش، طول ضدکوبنده، قطر استوانه و فاصله کوبنده و ضدکوبنده است. این متغیرها بر تلفات خرمن‌کوبی و بازده جداسازی دانه تأثیر می‌گذارند. کائول و همکاران (Kaul & Egbo, 1985) در پژوهشی نتیجه گرفتند که با افزایش سرعت استوانه و کاهش نرخ تغذیه، بازده کوبش افزایش می‌یابد. بازده کوبش در سرعت استوانه ۲۱/۲۵ متر بر ثانیه (۱۴۰۰ دور در دقیقه) و نرخ تغذیه ۱۵ کیلوگرم در دقیقه به حداکثر مقدار ۹۹/۷۶ درصد رسید. لازم به ذکر است صدمات دانه در شرایط عملیاتی ۰/۹۰ درصد دانه‌های قابل‌مشاهده بود. گل و همکاران (Gol & Nada, 1991) به این نتیجه رسیدند که عوامل مهم مؤثر بر کارایی، پارامترهای مکانیکی غلاف‌زدایی، سرعت عملیات و شرایط محصول است. در این پژوهش با افزایش سرعت محیطی استوانه از ۴۷۳ دور در دقیقه تا ۶۷۵ دور در دقیقه، درصد غلاف‌های پوست‌کنده‌شده افزایش یافت.

در یکی دیگر از پژوهش‌های انجام‌شده یک خرمن‌کوب ثابت که با نیروی محور توان‌دهی تراکتور کار می‌کرد با خرمن‌کوب دستی پدالی مقایسه شده است. طبق نتایج تحقیق مذکور، افزایش سرعت کوبنده، بازده کوبش بالاتری را ایجاد می‌کند. همچنین مشخص گردید که ظرفیت کاری خرمن‌کوب محور توان‌دهی، ۴ برابر بیشتر از خرمن‌کوب دستی پدالی است. اثر زاویه الک و سرعت مکش بر بازده تمیز کردن الک مورد ارزیابی قرار گرفته است. نویسندگان گزارش نمودند که با افزایش زاویه الک و سرعت مکش ظرفیت کاری دستگاه (جرم بر واحد زمان) افزایش می‌یابد، همچنین بازده تمیز کردن و نرخ از دست دادن دانه نیز به شدت افزایش پیدا می‌کند (El-Awady, Yehia, Ebaid, & Arif, 2009). همچنین یک ماشین کوبنده اصلاح‌شده برای به حداقل رساندن مشکل گرفتگی در ضدکوبنده، طراحی شده است. طبق بررسی‌های انجام شده، مشکل عمده کشاورزان در استفاده از ماشین خرمن‌کوبی چند محصول، گرفتگی کاه و کلش ضدکوبنده با افزایش نرخ تغذیه است. همان‌طور که نرخ تغذیه افزایش می‌یابد، دانه‌های کاه به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته و به اجبار از پایین خارج می‌شود و متعاقباً سبب گرفتگی آن می‌گردند. برای حل این مشکل، طرحی پیشنهاد گردید که شامل یک قاب ضدکوبنده برای نگه داشتن ضدکوبنده بود. مکانیزم معرفی‌شده برای حرکت قاب ضدکوبنده به‌عنوان مکانیسم ضد گرفتگی به‌کار گرفته شد (Mahmood, Rao, Singh, & Chaudhary, 2019). ارزیابی فنی سه روش برداشت دستی، نیمه‌مکانیزه و مکانیزه‌ی بادام‌زمینی در مغان انجام شد. در این پژوهش، بیشترین و کمترین ظرفیت مزرعه‌ای موثر به ترتیب برای کمباین کششی و روش برداشت دستی برابر با ۰/۴۶ و ۰/۰۰۶ هکتار در ساعت بود. براساس نتایج مطالعه، کمباین مخصوص کششی برای برداشت زودهنگام بادام‌زمینی و روش دستی از لحاظ کیفیت مناسب محصول به‌دست‌آمده برای منطقه توصیه گردید (Taghinazhad & Rahmani, 2022).

با در نظر گرفتن این‌که تحقیقات انجام‌گرفته بر روی خرمن‌کوب بادام‌زمینی محدوده بوده و عملاً کمباین مخصوص این محصول در بازارهای جهانی موجود نمی‌باشد، هدف از این تحقیق بررسی تعدادی از پارامترهای کاری یک خرمن‌کوب بادام‌زمینی رقم Nc2 شامل تاثیر زاویه الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش بر روی واحد جداسازی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مربوطه در استان اردبیل، منطقه پارس‌آباد مغان؛ به طول و عرض جغرافیایی ۳۹/۶۵ شمالی و ۴۷/۹۱ شرقی انجام گردید. به‌منظور انجام آزمایش‌ها و جداسازی دانه از غلاف، از دستگاه خرمن‌کوب بادام‌زمینی رقم Nc2 که در مرکز تحقیقات کشاورزی

استان اردبیل و گیلان تحت شرایط به زراعی کشت می‌شود، استفاده گردید (شکل ۱). با توجه به اهداف تحقیق تعدادی از پارامترهای مؤثر در عملکرد دستگاه شامل زاویه الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش فن مورد بررسی قرار گرفتند تا بهترین تنظیم برای حداکثر عملکرد کوبش و بازده جداسازی به‌دست آید. لازم به ذکر است، میانگین وزن دانه در ازای یک کیلوگرم بوته بادام‌زمینی بین ۳۰۰-۴۰۰ گرم و محتوای رطوبت دانه‌ها در رقم مورد آزمایش ۴۵ درصد بر مبنای تر بود. برای استفاده این دستگاه ابتدا بایستی بوته‌ها توسط کارگران کنده و به‌صورت کوپه روی زمین قرار داده شود، سپس یک کارگر بوته‌ها را از طریق تغذیه‌کننده وارد دستگاه نماید.



شکل ۱– دستگاه خرمن‌کوب بادام‌زمینی

Fig.1. Peanut thresher machine

براساس نتایج ذکرشده در تحقیقات گذشته دور کوبنده کمتر از ۵۰ دور بر دقیقه توانایی بالایی در جداسازی دانه از غلاف ندارد، اما با این حال تعداد دانه‌های صدمه‌دیده نیز اندک می‌باشد. در دورهای کوبنده بالاتر از ۱۰۰ دور بر دقیقه، خرمن‌کوب توانایی بالایی در جداسازی دانه از غلاف دارد؛ اگرچه تعداد دانه‌های صدمه‌دیده نیز با افزایش دور کوبنده افزایش یافته است (Srinivasan *et al.*, 2021; Vennela *et al.*, 2018; Senthilkumar, Jesudas, & Asokan, 2017; Aboegela & Mourad, 2021)؛ بنابراین در این آزمایش سرعت دورانی کوبنده ۲۰۰ دور بر دقیقه انتخاب گردید تا در ترکیب با نرخ تغذیه و فاصله کوبنده و ضدکوبنده مقدار بهینه دور کوبنده تعیین گردد.

برای اندازه‌گیری سرعت دورانی محور کوبنده و سایر محورهای محرک از دورسنج تماسی دیجیتال مارک mar menix و مدل MTC 442 استفاده شد. همچنین برای تأمین توان موردنیاز خرمن‌کوب از یک تراکتور مسی فرگوسن ۲۸۵ با توان ۷۵ اسب بخار استفاده شد.

اجزای مکانیکی دستگاه خرمن‌کوب بادام‌زمینی

واحد تغذیه

قسمت تغذیه از یک باکس به طول ۱۲۰ و عرض ۸۰ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر تشکیل‌شده که تماماً از ورق دو میلی‌متری برای ساخت این باکس استفاده شده است. از یک زنجیر که بر روی آن تسمه‌های ۴ سانتی‌متری برای انتقال بوته‌ها به داخل دستگاه استفاده شده است. این زنجیر نیروی خود را از پولی و تسمه متصل به آن گرفته و کل مکانیزم متصل به قسمت محرک دستگاه است (شکل ۲). با تغییر اندازه پولی سرعت تسمه‌نقاله یا زنجیر کم یا زیاد می‌شود با تغییر اندازه قطر پولی به ۱۲، ۱۴ و ۱۶ سانتی‌متر، سرعت تسمه‌نقاله به‌ترتیب به ۵۰، ۷۰ و ۹۰ دور بر دقیقه تغییر می‌یابد. در این قسمت ابتدا بوته‌ی بادام‌زمینی را به میزان ۱- ۱۰۰ کیلوگرم تهیه و به‌صورت آزمایشی وارد قسمت ورودی نموده و بعد از تست این نتیجه حاصل شد که بایستی حداقل ۲۰ و حداکثر ۷۰ کیلوگرم بوته‌ای بادام‌زمینی را وارد دستگاه گردد. مدت‌زمان ماندگاری بوته‌ی بادام‌زمینی در این قسمت ۲- ۶ ثانیه بوده است که اعداد مذکور با تغییر اندازه‌ی پولی‌ها و به‌تبع آن تسمه‌ها به‌دست آمد.



شکل ۲– تغذیه‌کننده محصول به قسمت کوبنده
Fig.2. Product feeder to threshing section

واحد کوبنده

شامل یک مارپیچی یا هلیس است که طول آن ۲ متر می‌باشد بنابراین دستگاه از نوع کوبنده جریان محوری محسوب می‌گردد (شکل ۳). دور کوبنده با تغییر اندازه قطر پولی به قطر ۲۰، ۲۲، ۲۵ سانتی‌متر تغییر پیدا می‌کند. در این قسمت با تغییر پولی و دور تراکتور این نتیجه حاصل شد که در دورهای کمتر از ۱۰۰ دور بر دقیقه امکان جدایش غلاف و پیله بادام‌زمینی از بوته‌ها وجود ندارد. لذا بایستی دور موردنظر با تغییر اندازه پولی‌ها و دور تراکتور به بالای ۱۰۰ دور بر دقیقه برسد. بهترین عملکرد این قسمت در دورهای ۱۰۰–۳۰۰ دور بر دقیقه می‌باشد. در این دور بوته‌های بادام‌زمینی به‌صورت کامل از دستگاه خرمن‌کوب بادام‌زمینی خارج و غلاف‌های آن‌ها نیز به‌صورت کامل از خوشه‌ها جدا می‌شوند.

ضدکوبنده

ضدکوبنده یک صفحه توری است که به‌صورت تاروپود در هم تنیده شده و این تار و پود توسط میل‌گرد ۱۰ میلی‌متری به هم متصل شده‌اند. این شبکه دارای سوراخ‌های مستطیلی شکل به ابعاد ۱۵ سانتی‌مترمربع می‌باشد که عبور آسان غلاف‌ها را فراهم می‌نماید. ضدکوبنده عملیات کوبیدن بادام‌زمینی یا همان جدا کردن غلاف از ریشه را انجام می‌دهد. کوبنده ثابت می‌باشد اما فاصله ضدکوبنده از طریق پیچ‌مهره کم و زیاد می‌شود و به اندازه ۴–۸ سانتی‌متر فاصله تغییر پیدا می‌کند. برای برداشت و جدایش پیله و غلاف بادام‌زمینی از ریشه و بوته‌های آن بایستی فاصله کوبنده و ضدکوبنده بین ۴–۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

الک

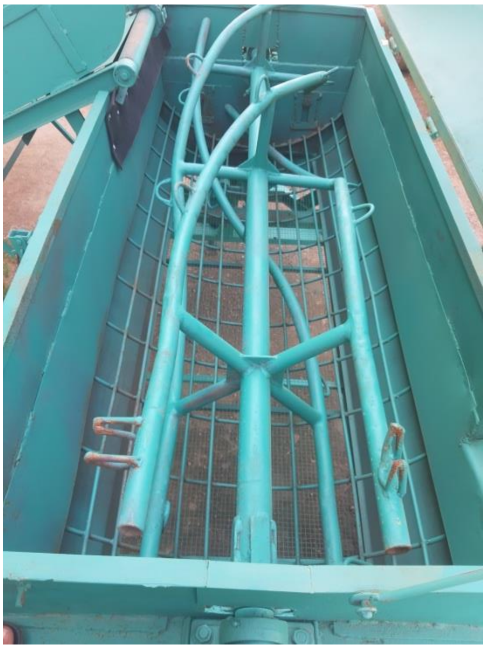
این واحد شامل شاسی و یک توری از جنس گالوانیزه با قطر سوراخ یک سانتی‌متر مربع می‌باشد. وقتی‌که غلاف‌ها داخل الک به سمت جلو حرکت می‌کند تمام گل ولای چسبیده به غلاف‌ها توسط توری گرفته شده و عملیات خاک‌گیری و بوجاری در این قسمت دستگاه انجام می‌شود. شیب الک بین صفر الی ۲۵ درجه قابل تنظیم بوده و مقدار جابه‌جایی و رفت و برگشتی الک ۳ الی ۸ سانتی‌متر می‌باشد. بازوی دسته شاتون ۱۴ سانتی‌متر است و حرکت رفت و برگشتی دارد. تغییرات آن روی لنگ از طریق سه نقطه خارج از مرکز است که روی لنگ تعبیه شده است (شکل ۴). سرعت خطی این واحد از طریق پولی متصل به گیربکس تنظیم می‌گردد و قطر پولی هم روی ۱۲، ۱۴، ۱۶ تغییر پیدا می‌کند. فرمول سرعت خطی هم طبق رابطه (۱) محاسبه می‌گردد.

$$V=R\omega \qquad (۱)$$

که در آن V سرعت خطی ($m\ s^{-1}$)، R شعاع (m) و ω سرعت زاویه‌ای ($rad\ s^{-1}$) است.

فن

فن تأمین‌کننده حجم هوای مورد نیاز برای مکش می‌باشد. از جمله پارامترهای مهم درخصوص سرعت مکش فن می‌توان مواردی همچون (۱) زاویه پروانه یا زاویه برش، (۲) قطر دایره، (۳) زاویه دمپرهای ورودی و خروجی و (۴) شعاع دایره فن را نام برد (شکل ۵).



شکل ۳- ترکیب کوبنده و ضدکوبنده

Fig.3. Thresher-concave arrangement



شکل ٤- الک در قسمت جداکننده

Fig.4. Sieve in the separation section

ارزیابی عملکرد دستگاه خرمن‌کوب بادام‌زمینی

بازده تمیز کردن

بازده تمیز کردن توسط الک انجام می‌شود و بر اساس سوراخ‌های تعبیه‌شده روی دسته الک قابل تنظیم است. بازده تمیز کردن نمونه اولیه خرمن‌کوب بادام‌زمینی براساس رابطه (۲) محاسبه شد:

$$E_c = \frac{w_m - w_f}{w_m} \times 100 \quad (۲)$$

که در آن، E_c بازده تمیز کردن (٪)، w_f وزن ماده خارجی جمع‌آوری‌شده از خروجی اصلی (kg) و w_m وزن ماده ورودی (kg) می‌باشد.



شکل ۵- فن مکنده که مواد اضافی از قبیل ضایعات و شاخه و برگ‌ها را از غلاف‌های بادام‌زمینی جدا می‌کند
Fig.5. Suction fan that separates excess material such as waste and twigs from peanut pods

نرخ از دست دادن بادام‌زمینی

برای محاسبه نرخ از دست دادن بادام‌زمینی ابتدا دو جعبه برای آزمایش تهیه شد. یکی از جعبه‌ها شامل بوته‌ی بادام‌زمینی و کیسه دیگر خالی بود. دور کوبنده بین محدوده ۲۰۰ دور بر دقیقه بوده و از پی‌تی‌او تراکتور توان لازمه گرفته شد. ابتدا وزن بوته‌های وارد شده به دستگاه با ترازو اندازه‌گیری شد (وزن بادام‌زمینی جعبه یک) و بعد از شروع کار دستگاه بوته‌های خارج‌شده از قسمت اول خروجی دستگاه را جمع‌آوری و داخل جعبه دوم کرده و دوباره با ترازو وزن شد (وزن بادام‌زمینی جعبه دوم). به این ترتیب وزن بوته وارده شده به دستگاه و وزن بوته‌های خارج‌شده از دستگاه مشخص گردید و نرخ از دست دادن بادام‌زمینی (E_L) طبق رابطه (۳) محاسبه شد:

$$E_L = \frac{w_1}{w_1 + w_2} \times 100 \qquad (۳)$$

که در آن w_1 وزن بادام‌زمینی جعبه یک (kg) و w_2 وزن بادام‌زمینی جعبه دو (kg) می‌باشد.

در ادامه پارامترهای متغیر و قابل‌کنترل واحد جداکننده که مربوط به قسمت تمیزکننده و الک می‌باشد، در قالب جدول ۱، ارائه شده است.

جدول ۱- پارامترهای متغیر و قابل‌کنترل واحد جداکننده
Table 1- Variable and controllable parameters of the separator unit

پارامتر **Parameter**	مقادیر مختلف برای پارامترها **Various values for parameters**		
شیب یا زاویه الک Sieve slope or angle (Degree)	5	10	15
دامنه حرکت الک Sieve movement range (cm)	3.5	5	7
سرعت مکش فن Fan suction speed (m s^{-1})	8	12	16

لازم به ذکر است، برای تجزیه و تحلیل اثرهای اصلی و اثرهای متقابل عامل‌های مستقل، از طرح آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی تأثیر عوامل آزمایشی بر بازده تمیز کردن

هدف از پژوهش حاضر تعیین تنظیمات بهینه واحد جداساز

خرمن‌کوب بادام‌زمینی می‌باشد. بدین منظور تأثیر عوامل زاویه الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش بر بازده جداسازی و نرخ از دست دادن بادام‌زمینی مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس عوامل متغیر بر معیارهای کوبش در جدول ۲ ارائه شده است.

با توجه به نتایج جدول ۲ مشخص شد که تأثیر زاویه الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش بر بازده جداسازی و نرخ از دست دادن بادام‌زمینی در سطح یک درصد معنی‌دار است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (**ANOVA**) برای ارزیابی متغیرهای زاویه الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش بر بازده جداسازی و نرخ از دست دادن بادام‌زمینی

Table 2- Results of analysis of variance (ANOVA) to evaluate the variables of sieve angle, sieve range and suction speed on the separation efficiency and peanut loss rate

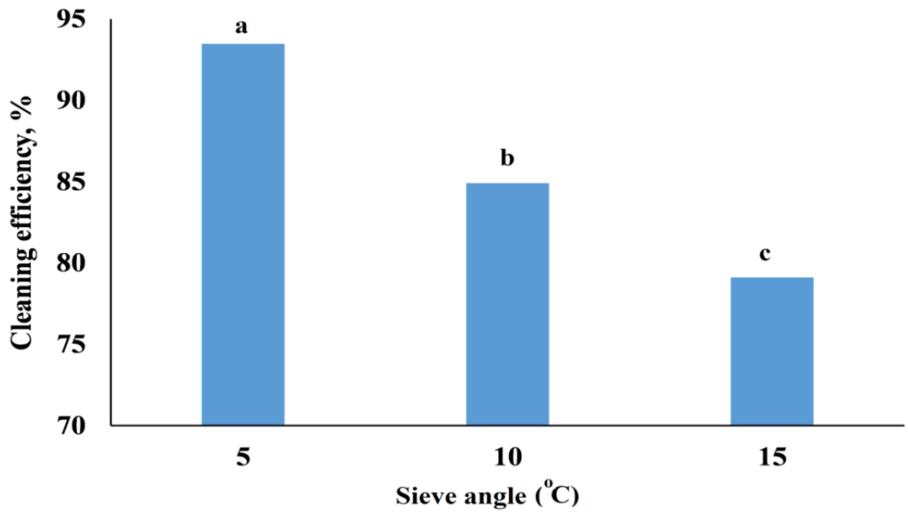
منبع Source	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square بازده تمیز کردن Cleaning efficiency	 نرخ از دست دادن Loss rate
شیب Slope	2	1409**	162.6**
دامنه Range	2	22.1**	61.2**
سرعت Speed	2	293.7**	542.2**
دامنه * شیب Slope * range	4	0.61ns	2.41**
دامنه * سرعت Slope *Speed	4	1.22ns	22.2**
سرعت * دامنه Range *Speed	4	0.08ns	0.231**
سرعت * دامنه * شیب Slope * Range * Speed	8	0.38ns	0.227**
خطا Error	54	0.92	0.020
کل Total	80		

df: degrees of freedom; **: highly significant; ns: not significant.

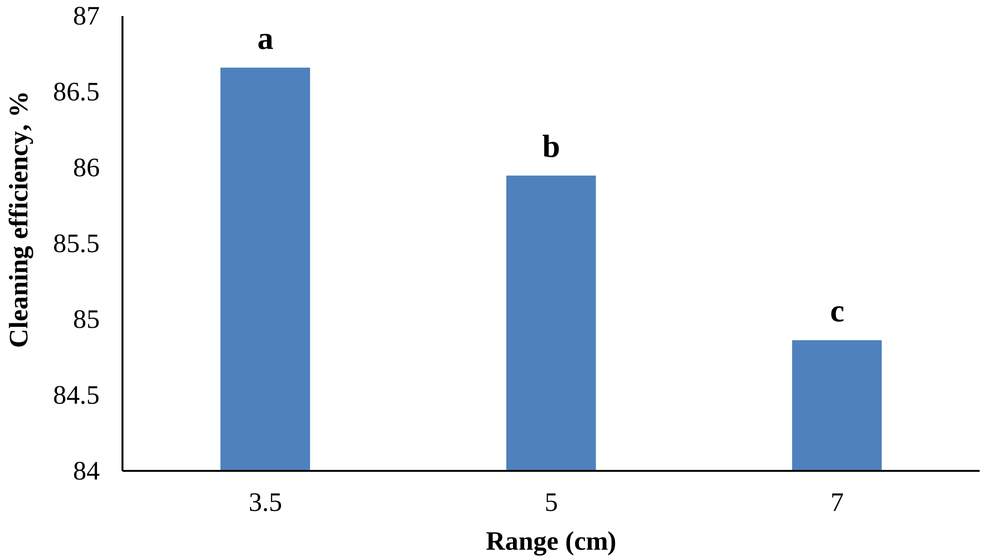
در شکل ۶ اثر زاویه الک بر بازده تمیز کردن ارائه شده است. همان‌طور که از شکل ۶ مشخص است با افزایش زاویه الک بازده تمیز کردن به سرعت کاهش یافته است. با توجه به این‌که با افزایش زاویه الک سرعت جابه‌جایی مواد بر روی الک افزایش می‌یابد درنتیجه فرصت لازم برای جداسازی کاه از دانه فراهم نمی‌شود. در شکل ۷ اثر دامنه حرکت الک بر بازده تمیز کردن ارائه شده است. همان‌طور که از شکل ۷ مشخص است با افزایش دامنه حرکت الک بازده تمیز کردن به سرعت کاهش یافته است. برای جداسازی بهتر کاه از دانه لازم است به مواد مستقر روی الک در فاصله زمانی کوتاه شوک‌های ضربه‌ای وارد شود با افزایش دامنه حرکت فاصله زمانی بین شوک‌های ضربه‌ای افزایش می‌یابد و در نتیجه جداسازی کاه از دانه مختل می‌شود.

در ادامه و در قالب شکل ۸ اثر سرعت مکش بر بازده تمیز کردن ارائه شده است. همان‌طور که از شکل ۸ مشخص است با افزایش سرعت مکش بازده تمیز کردن به سرعت کاهش یافته است. با افزایش سرعت مکش مواد مدت‌زمان کمتری روی الک می‌مانند و نوسانات الک به تعداد موردنیاز برای جدا کردن دانه از کاه نمی‌رسد و در نتیجه بازده جدا کردن کاهش یافته است. در جدول ۳، مشخصات آماری مدل رگرسیون پیش‌بینی‌کننده بازده جدا کردن براساس متغیرهای زاویه الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش ارائه شده است. با توجه به ضرایب استاندارد ذکرشده در جدول ۳ می‌توان نتیجه گرفت که دامنه حرکت الک بیشترین تأثیر و زاویه حرکت الک کمترین تأثیر را بر بازده تمیز کردن دارند. معادله نهایی پیش‌بینی‌کننده در رابطه (۴) آورده شده است:

$$\text{Cleaning efficiency}=116.08 - 0.5597\ \text{slope} - 0.515\ \text{range} - 0.8227\ \text{speed}.\ R^2=0.93 \quad (۴)$$



شکل ٦– تأثیر زاویه الک بر بازده تمیز کردن
Fig.6. Sieve angle effect on the cleaning efficiency



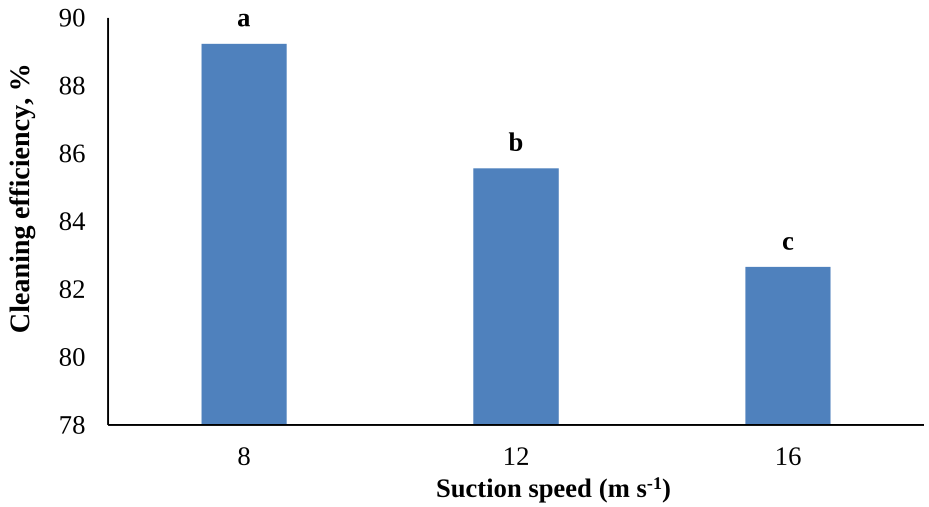
شکل ۷– تأثیر دامنه حرکت الک بر بازده تمیز کردن
Fig.7. Sieve movement range effect on the cleaning efficiency

در پژوهش دیگری که بر روی دستگاه جداکننده بادام‌زمینی انجام پذیرفت و دستگاه دارای ظرفیت کاری تا ۱۱۶ کیلوگرم در ساعت بود، راندمان جداسازی ۹۳٪ حاصل شد. لازم به ذکر است که میزان آسیب‌دیدگی مکانیکی غلاف‌ها نیز ۰/۴٪ به‌دست آمد (Guzman, Petingco, & Dom-oguen, 2019).

بررسی تأثیر عوامل آزمایشی بر نرخ از دست دادن بادام‌زمینی

چون طبق جدول ۲ اثرات سه‌گانه شیب، دامنه و سرعت مکش معنی‌دار شده است اقدام به مقایسه میانگین شده است. در شکل ۹ تأثیر اثر سه‌گانه شیب الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش بر نرخ از دست دادن بادام‌زمینی ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۹ مشخص است با افزایش دامنه حرکت الک و سرعت مکش نرخ از

دست دادن بادام‌زمینی افزایش یافته است. علت این امر می‌توانـد بـه این واقعیت نسبت داد شود کـه بـا افـزایش سـرعت مکـش و دامنـه حرکت الک عملاً محصول مدت‌زمـان کمتـری را روی الـک سـپری کرده و در نتیجه فرصت کافی برای جداسازی مناسب محصول فراهم نمی‌شود.



شکل ۸– تأثیر سرعت مکش بر بازده تمیز کردن

Fig.8. Suction speed effect on the cleaning efficiency

همچنین سرعت بالاتر ممکـن اسـت فراتـر از سـرعت حـد دانـه بادام‌زمینی باشد و به همین دلیل خود باعث حرکـت بـادام‌زمینـی بـه همراه کاه به بیرون از دستگاه شـود. افـزایش دامنـه الـک منجـر بـه حرکت یکنواخت کاه و دانه شده بر روی الک شده درحـالی‌کـه بـرای جداسازی بهتر کاه از الک نیاز به ضربات دینامیکی و شـتاب ناگهـانی به محصول است که با افزایش دامنه حرکت الک این موضوع کاهش می‌یابـد. نکتـه قابـل‌توجـه در شـکل ۹ رفتـار متغیـر شـیب الـک در وضعیت‌های مختلف است. در سرعت مکش ۸ متر بـر ثانیـه افـزایش شیب الک باعث افزایش از دست دادن بادام‌زمینی می‌شود. با افـزایش شیب الک سرعت خروج محصول نیز بیشتر شـده و در نتیجـه زمـان کافی برای جداسازی فراهم نمی‌شود؛ اما در سـرعت مکـش ۱۲ و ۱۶ متر بر ثانیه افزایش زاویه الک در ابتدا باعث کاهش و سپس افـزایش نرخ از دست دادن بادام‌زمینی می‌شود. از سوی دیگـر افـزایش دامنـه حرکت الک باعث می‌شود که شیب تغییرات نرخ از دست دانه حاصـل از افزایش زاویه الک نیز افزایش یابد.

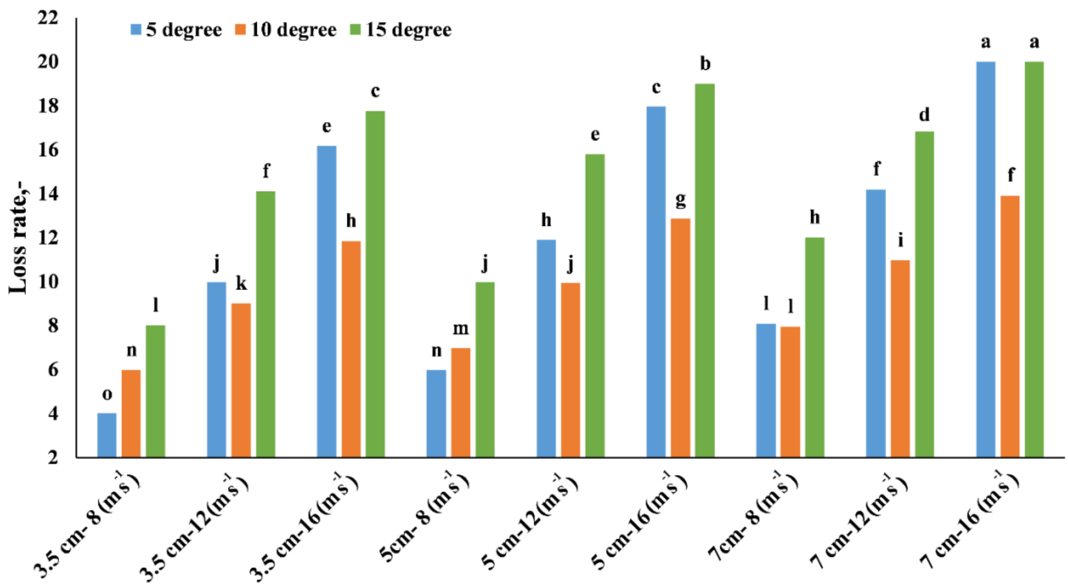
جدول ۳– مشخصه‌های آماری مدل رگرسیون گام به گام برای پیش‌بینی بازده تمیز کردن بر اساس زاویه الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش

Table 3- Statistical characteristics of stepwise regression model for predicting cleaning efficiency based on sieve angle, suction speed and sieve movement range

عبارت **Term**	**Coef**	**SE Coef**	**T-Value**	**P-Value**	**VIF**
Constant	116.08	1.10	105.63	0.000	
Slope	-0.5597	0.0176	-31.82	0.000	1.00
Range	-0.515	0.126	-4.09	0.000	1.00
Speed	-0.8227	0.0553	-14.87	0.000	1.00

در پژوهش انجام‌شده بر روی ارزیـابی فنـی سـه روش برداشـت دستی، نیمه مکانیزه و مکانیزهٔ بادام‌زمینی برای منطقه مغان کمترین و بیشترین تلفات کل به ترتیب بـا ۹۵/۵٪ و ۵۸/۱۰٪ مربـوط بـه روش دستی و برداشـت بـا کمبـاین کششـی مخصـوص بـادام زمینـی بـود (Taghinazhad & Rahmani, 2022).

در قالـب جـدول ۴ مشخصـات آمـاری مـدل رگرسـیون پیش‌بینی‌کننده نرخ از دست دادن بادام‌زمینی براساس متغیرهای زاویه الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش ارائه شده است.



شکل ۹- اثر سه‌گانه شیب الک، دامنه حرکت الک و سرعت مکش بر نرخ از دست دادن بادام‌زمینی

Fig.9. The triple effect of sieve slope, sieve movement range and suction speed on peanut loss rate

با توجه به ضرایب استاندارد ذکرشده در جدول ۴ می‌توان نتیجه گرفت که دامنه حرکت الک بیشترین تأثیر و زاویه حرکت الک کمترین تأثیر را بر نرخ از دست دادن بادام‌زمینی دارند. معادله نهایی پیش‌بینی‌کننده در رابطه (۵) آورده شده است:

$$\text{Loss rate}=-9.68 + 0.1292\ \text{slope} + 0.855\ \text{range} + 1.1190\ \text{speed}.\ R^2=0.82 \quad (۵)$$

جدول ٤- مشخصه‌های آماری مدل رگرسیون گام به گام برای پیش‌بینی نرخ از دست دادن بادام‌زمینی بر اساس زاویه الک، سرعت مکش و دامنه حرکت الک

Table 4- Statistical characteristics of stepwise regression model for predicting peanut loss rate based on sieve angle, suction speed and sieve movement range

عبارت Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
ثابت Constant	-9.68	1.31	-7.40	0.000	
شیب Slope	0.1292	0.0209	6.17	0.000	1.00
محدوده Range	0.855	0.150	5.70	0.000	1.00
سرعت Speed	1.1190	0.0659	16.99	0.000	1.00

تأثیر فاکتورهای آزمایشی بر ظرفیت مزرعه‌ای و ظرفیت ماده‌ای

در این بخش تأثیر فاکتورهای آزمایشی بر ظرفیت مزرعه‌ای و ظرفیت ماده‌ای موردبررسی قرار گرفت. به‌منظور محاسبه ظرفیت مزرعه‌ای از رابطه (۶) استفاده می‌شود:

$$C = \frac{vwe}{10} \quad (۶)$$

که C ظرفیت مزرعه‌ای برحسب هکتار بر ساعت، v سرعت پیشروی ماشین برحسب کیلومتر بر ساعت، w عرض کار ماشین برحسب متر و e بازده مزرعه‌ای برحسب درصد می‌باشد. همچنین جرم ماده برداشت‌شده در واحد زمان را ظرفیت ماده‌ای گویند که به‌صورت کیلوگرم بر ساعت بیان می‌گردد. ظرفیت مزرعه‌ای به ازای شیب‌های مختلف الک در جدول ۵ ارائه شده است. همان‌طوری که از جدول مشخص است، افزایش دامنه حرکت و همچنین افزایش سرعت مکش تأثیر منفی بر روی ظرفیت مزرعه‌ای دارد.

جدول ۵- ظرفیت مزرعه‌ای به ازای شیب‌های مختلف الک

Table 5- Farm capacity in various sieve slopes

ظرفیت مزرعه‌ای برای شیب الک ۵ درجه Material capacity in sieve angle of 5 (he.hr^{-1})				
		دامنه حرکت Range (cm)		
		3.5	5	7
مکش فن Fan suction (m.s^{-1})	8	0.105	0.103	0.102
	12	0.100	0.985	0.0975
	16	0.099	0.097	0.0965
ظرفیت مزرعه‌ای برای شیب الک ۱۰ درجه Material capacity in sieve angle of 10 (he.hr^{-1})				
		دامنه حرکت Range (cm)		
		3.5	5	7
مکش فن Fan suction (m.s^{-1})	8	0.1035	0.102	0.100
	12	0.098	0.097	0.0955
	16	0.097	0.096	0.095
ظرفیت مزرعه‌ای برای شیب الک ۱۵ درجه Material capacity in sieve angle of 15 (he.hr^{-1})				
		دامنه حرکت Range (cm)		
		3.5	5	7
مکش فن Fan suction (m.s^{-1})	8	0.098	0.096	0.0935
	12	0.097	0.095	0.091
	16	0.096	0.0935	0.089

جدول ٦- ظرفیت ماده‌ای به ازای شیب‌های مختلف الک

Table 6- Material capacity in various sieve slopes

ظرفیت ماده‌ای برای شیب الک ۵ درجه Farm capacity in sieve angle of 5 (kg.hr^{-1})				
		دامنه حرکت Range (cm)		
		3.5	5	7
مکش فن Fan suction (m.s^{-1})	8	509	496	492
	12	486	477	474
	16	473	458	447
ظرفیت ماده‌ای برای شیب الک ۱۰ درجه Farm capacity in sieve angle of 10 (kg.hr^{-1})				
		دامنه حرکت Range (cm)		
		3.5	5	7
مکش فن Fan suction (m.s^{-1})	8	501	492	488
	12	484	476	471
	16	468	452	445
ظرفیت ماده‌ای برای شیب الک ۱۵ درجه Farm capacity in sieve angle of 15 (kg.hr^{-1})				
		دامنه حرکت Range (cm)		
		3.5	5	7
مکش فن Fan suction (m.s^{-1})	8	476	470	466
	12	468	463	460
	16	461	454	439

همچنین ظرفیت مـاده‌ای بـه ازای شـیب‌هـای مختلـف الـک در جدول ۶ ارائه شده است. در ایـن مـورد نیـز افـزاش دامنـه حرکـت و همچنین افزایش سرعت مکش، سبب کـاهش ظرفیـت مزرعـه‌ای در شرایط مختلف شده است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر چند فاکتور مؤثر بخـش جداسـازی ماشـین خرمن‌کوب شامل تأثیر شیب الـک، دامنـه حرکـت الـک و همچنـین سـرعت مکـش بـر روی بـازده تمیـز کـردن و نـرخ از دسـت دادن بادام‌زمینی مورد تست و ارزیابی قرار گرفت. علاوه بر موارد بیان‌شـده به بررسی تأثیر فاکتورهای آزمایشی بر ظرفیـت مزرعـه‌ای و ظرفیـت ماده‌ای پرداخته شد. با افزایش شیب الک سرعت جابه‌جـایی مـواد بـر روی الک افزایش یافت. بـازده تمیـز کـردن بـا افـزایش زاویـه الـک به‌صورت شدیدی کاهش یافت. همچنین افزایش دامنه حرکت الـک، سبب کاهش‌یافتن شدید بازده تمیز کردن گردید. همچنین با افـزایش سرعت مکش فن، بازده تمیز کردن به سرعت کاهش یافت. افـزایش دامنه حرکت الک و سرعت مکش، سبب افـزایش نـرخ از دسـت‌دادن بادام‌زمینی شد. لازم به ذکر است، افزایش فاکتورهای آزمـایش، تـاثیر منفی بر روی ظرفیت مزرعه‌ای و ظرفیت ماده‌ای نشان داد. به‌عنـوان نتیجه‌گیری کلی، دامنه حرکت الک بیشترین تأثیر و زاویه حرکت الک کمترین تأثیر را بر بازده تمیز کردن دارند. همچنین دامنه حرکت الک بیشـترین تـأثیر و زاویـه حرکـت الـک کمتـرین تـأثیر را بـر نـرخ از دست‌دادن بادام‌زمینی دارند.

References

1. Abdi, R., & Jalali, A. (2013). Mathematical model for prediction combine harvester header losses. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, *5*(5), 549-552.
2. Aboegela, M. A., & Mourad, K. H. (2021). Development a Locale Thresher Machine for Separating Peanut Crop. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, *12*(3), 131-135. https://doi.org/10.21608/jssae.2021.158665
3. Agricultural Jihad Statistics, Crop products. (2020). Iran.
4. Ali, K. A. M., Zong, W., Md-Tahir, H., Ma, L., & Yang, L. (2021). Design, Simulation and Experimentation of an Axial Flow Sunflower-Threshing Machine with an Attached Screw Conveyor. *Applied Sciences*, *11*(14), 6312. https://doi.org/10.3390/app11146312
5. Anco, D. J., Thomas, J. S., Jordan, D. L., Shew, B. B., Monfort, W. S., Mehl, H. L., & Campbell, H. L. (2020). Peanut yield loss in the presence of defoliation caused by late or early leaf spot. *Plant Disease*, *104*(5), 1390-1399. https://doi.org/10.1094/PDIS-11-19-2286-RE
6. Dobreva, I. D., Ruiz-Guzman, H. A., Barrios-Perez, I., Adams, T., Teare, B. L., Payton, P., & Hays, D. B. (2021). Thresholding Analysis and Feature Extraction from 3D Ground Penetrating Radar Data for Noninvasive Assessment of Peanut Yield. *Remote Sensing*, *13*(10), 18-36. https://doi.org/10.3390/rs13101896
7. El-Awady, M. N., Yehia, I., Ebaid, M. T., & Arif, E. M. (2009). Development of Rice Cleaner for Reduced Impurities and Losses. *Ama, Agricultural Mechanization in Asia, Africa & Latin America*, *40*(3), 15-29.
8. Fu, J., Chen, Z., Han, L., & Ren, L. (2018). Review of grain threshing theory and technology. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, *11*(3), 12-20. https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181103.3432
9. Gol, A. K., & Nada, S. K. (1991). Performance of power operated groundnut stripper. *AMA*, *22*(3), 25-28.
10. Guzman, J. D., Petingco, M. C., & Dom-oguen, A. D. (2019). *Peanut threshing and shelling machines for community-based peanut enterprises in developing countries*. American Society of Agricultural and Biological Engineers conference, Boston, Massachusetts July 7- July. https://doi: 10. 10.13031/aim.201901368
11. Huynh, V. M., Powell, T., & Siddal, J. N. (1981). Threshing and separating process- A mathematical model. *Transactions of the ASAE*, *25*(1), 62-73. https://doi: 10.13031/2013.33478
12. Karlen, D. L., Birrell, S. J., Johnson, J. M., Osborne, S. L., Schumacher, T. E., Varvel, G. E., & Nafziger, E. D. (2014). Multilocation corn stover harvest effects on crop yields and nutrient removal. *BioEnergy Research*, *7*(2), 528-539. https://doi.org/10.1007/s12155-014-9419-7
13. Kaul, R. N., & Egbo, C. O. (1985). *Introduction to Agricultural Mechanization*. First edition. Macmillan Education Ltd. London. https://doi.org/10.1007/s12155-014-9419-7
14. Mahmood, Y., Rao, G., Singh, P., & Chaudhary, H. (2019). Design Modification for Anti-choking Mechanism in Thresher Machine. *Springer Singapore*, 585-593. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8597-0_50
15. Pishgar-Komleh, S. H., Keyhani, A., Mostofi-Sarkari, M. R., & Jafari, A. (2013). Assessment and determination of seed corn combine harvesting losses and energy consumption. *Elixir Agriculture*, *54*(2013), 12631-12637.
16. Reddy, K. M., Kumar, D. V., Reddy, B. R., & Reddy, B. S. (2013). Performance evaluation of groundnut thresher for freshly harvested crop. *International Journal of Agricultural Engineering*, *6*(1), 67-70.
17. Senthilkumar, T., Jesudas, D. M., & Asokan, D. (2017). Performance Evaluation of Self-Propelled Groundnut

Combine. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America*, *48*(1), 76-89.

18. Srinivasan, M., Sai, S. N., Alexander, A., Prabhakaran, N., Gokul, C., & Visalaxi, G. (2021). *Development of peanut separator and thruster*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1757-899X/1055/1/012053
19. Taghinazhad, J., & Rahmani, S. (2023). Technical evaluation of three methods of manual, semi-mechanized and mechanized peanut harvesting in Moghan. *Journal of Agricultural Machinery*, *13*(2), 239-247. (in Persian). https://doi.org/10.22067/jam.2022.74048.1079
20. Vennela, B., Ramana, C., Ramana, M. V., Reddy, S. J., Kalleemullah, S., & Kumari, K. L. (2018). Studies on Harvesting and Threshing Parameters of Available Tractor Operated Groundnut Digger-Shaker and Fresh Pod Thresher. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(11), 3517-3525. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.711.401